

T S2/5/1

2/5/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

014135351 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2001-619562/200172

XRPX Acc No: N01-462096

**Projection exposure device for semiconductor device manufacture, has barometer inside lens barrel, where change of optical property of projection optical system by changing atmosphere pressure is compensated using barometer**

Patent Assignee: CANON KK (CANO )

Inventor: UZAWA S

Number of Countries: 002 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2001085292	A	20010330	JP 99255552	A	19990909	200172 B
JP 3387861	B2	20030317	JP 99255552	A	19990909	200323
US 6614503	B1	20030902	US 2000658464	A	20000908	200359

Priority Applications (No Type Date): JP 99255552 A 19990909

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

JP 2001085292	A		14	H01L-021/027	
---------------	---	--	----	--------------	--

JP 3387861	B2		9	H01L-021/027	Previous Publ. patent JP 2001085292
------------	----	--	---	--------------	-------------------------------------

US 6614503	B1			G03B-027/52	
------------	----	--	--	-------------	--

Abstract (Basic): JP 2001085292 A

NOVELTY - A barometer is provided inside the lens barrel of projection optical system. The change of optical property of optical system is compensated by change of atmosphere pressure based on output of barometer.

DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following:

(a) Exposure system;

(b) Semiconductor device manufacturing method

USE - Projection exposure device for manufacture of semiconductor device.

ADVANTAGE - The influence on the optical property by atmospheric pressure change is compensated.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the diagram of exposure system. (Drawing includes non-English language text).

pp; 14 DwgNo 1/8

Title Terms: PROJECT; EXPOSE; DEVICE; SEMICONDUCTOR; DEVICE; MANUFACTURE; BAROMETER; LENS; BARREL; CHANGE; OPTICAL; PROPERTIES; PROJECT; OPTICAL; SYSTEM; CHANGE; ATMOSPHERE; PRESSURE; COMPENSATE; BAROMETER

Derwent Class: P82; P83; P84; U11

International Patent Class (Main): G03B-027/52; H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G03B-027/42; G03B-027/68;

G03C-005/00; G03F-007/20

File Segment: EPI; EngPI

?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-85292

(P2001-85292A)

(43) 公開日 平成13年3月30日 (2001.3.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 6 F 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-255552

(22) 出願日 平成11年9月9日 (1999.9.9)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 鶴澤 繁行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(74) 代理人 100105289

弁理士 長尾 達也

Fターム(参考) 5F046 AA22 BA03 CB12 CB20 CB25

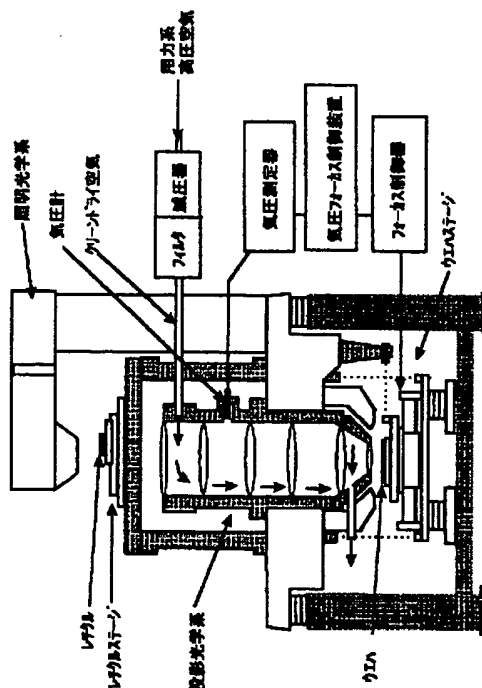
DA13 DA14 DA27 DB03

(54) 【発明の名称】 露光装置、およびデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 投影光学系内の気圧変化による光学特性への影響を補償するようにした露光装置、およびデバイス製造方法を提供すること。

【解決手段】 投影光学系の鏡筒の内部の非密閉空間に気圧計を有し、該気圧計の出力に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償する手段を有する投影露光装置を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】投影光学系を格納する鏡筒の内部の非密閉空間に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】投影光学系を格納する鏡筒の外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に応じて前記鏡筒の内部の気圧を推定し、推定した結果に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】投影光学系を格納する鏡筒の内部および／または外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて気圧の変化の仕方を求め、求めた結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴とする投影露光装置。

【請求項4】投影光学系を格納する鏡筒の内部および／または外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて所定時間を経過した後の気圧を予測し、予測した結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴とする投影露光装置。

【請求項5】装置の運転中に前記鏡筒の内部で清浄なガスを流すことを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項6】前記清浄なガスが窒素、ヘリウムなどの不活性ガスであることを特徴とする請求項5に記載の投影露光装置。

【請求項7】前記清浄なガスが空気であることを特徴とする請求項5に記載の投影露光装置。

【請求項8】前記光学特性は、焦点位置（像面位置）及び／または投影倍率及び／または歪曲、球面、コマ、非点、像面湾曲など収差の一つまたは複数であることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項9】投影光学系を格納する鏡筒の内部の非密閉空間に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴とする投影露光方法。

【請求項10】投影光学系を格納する鏡筒の外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に応じて前記鏡筒の内部の気圧を推定し、推定した結果に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴とする投影露光方法。

【請求項11】投影光学系を格納する鏡筒の内部および／または外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて気圧の変化の仕方を求め、求めた結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴とする投影露光方法。

【請求項12】投影光学系を格納する鏡筒の内部および／または外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて所定時間を経過した後の気圧を予測し、予測した結果

に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴とする投影露光方法。

【請求項13】装置の運転中に前記鏡筒の内部で清浄なガスを流すことを特徴とする請求項9～12のいずれか1項に記載の投影露光方法。

【請求項14】前記清浄なガスが窒素、ヘリウムなどの不活性ガスであることを特徴とする請求項13に記載の投影露光方法。

【請求項15】前記清浄なガスが空気であることを特徴とする請求項13に記載の投影露光方法。

【請求項16】前記光学特性は、焦点位置（像面位置）及び／または投影倍率及び／または歪曲、球面、コマ、非点、像面湾曲など収差の一つまたは複数であることを特徴とする請求項9～15のいずれか1項に記載の投影露光方法。

【請求項17】請求項1～8のいずれか1項に記載の露光装置、または請求項9～16のいずれか1項に記載の露光方法を用いて、デバイスパターンで感光体を露光する段階と、該感光体を現像する段階とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置、露光方法、およびデバイス製造方法に関し、特に投影光学系の気圧変化による光学特性への影響を補償するようにした露光装置、露光方法、およびデバイス製造方法の実現を目指すものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、露光装置等においてこれら装置内の気圧の変動に関しては、あまり考慮されてこなかった。これは、自然環境下の気圧変動は、比較的ゆっくりとした変化であり、たとえ低気圧が通過する場合でも、時間あたり数ヘクトパスカル（hpa）程度であった。このため露光装置においても気圧の急激な変動は比較的考慮されず、例えば処理ウエハ単位の補正で良いとされてきた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、近年、クリーン度の要求が高くなり、クリーンルーム内の陽圧の度合いが高まったため、ドアの開閉などにより急激な気圧変動が生じる場合がある。例えば、1020hpaに加圧された内容積200m<sup>3</sup>のクリーンルームと1000hpaの圧力の内容積5m<sup>3</sup>のクリーンルーム前室を考えた場合、クリーンルームとその前室との間のドアが開いたとすると、このクリーンルームは、1秒程度の時間に0.5hpaの変化を生じることとなる。この0.5hpaという量は今日の露光装置にとっては決して無視できない量である。

【0004】一般に投影光学系は、常圧気体を一定速で流すといった半密閉系中におかれることが多い。この場

合、投影光学系は外気に対して開放されているため、その内部の気圧は、外気圧に対して時間遅れを伴って変化する。この時間遅れの様子は、流路の形状、すなわち入り口と出口の開口面積と内部抵抗によって定まる。また、投影光学系の一部が密閉系中に置かれ、この密閉系の気体圧力が制御されていることもある。この場合にも、気体圧力制御が絶対圧力を目標としている際には影響を受けないが、外圧との差分で制御されている際には、制御時定数の遅れをもって影響を受ける。密閉系外の部分の内部圧力は、当然外部気圧変化に伴って変動する。こうした投影光学系内の気体圧力変動は、光路内の気体の屈折率を変化させ、その結果光学性能に影響を与える。中でも、フォーカスと倍率がこの影響を最も大きく受け、その改善が望まれていた。

【0005】そこで、本発明は上記課題を解決し、投影光学系内の気圧変化による光学特性への影響を補償するようにした露光装置、露光方法、およびデバイス製造方法を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成するために、露光装置、露光方法、およびデバイス製造方法を、つぎの(1)～(17)のように構成したことを特徴とするものである。

(1) 本発明の露光装置は、投影光学系を格納する鏡筒の内部の非密閉空間に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴としている。

(2) 本発明の露光装置は、投影光学系を格納する鏡筒の外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に応じて前記鏡筒の内部の気圧を推定し、推定した結果に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴としている。

(3) 本発明の露光装置は、投影光学系を格納する鏡筒の内部および／または外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて気圧の変化の仕方を求め、求めた結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴としている。

(4) 本発明の露光装置は、投影光学系を格納する鏡筒の内部および／または外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて所定時間を経過した後の気圧を予測し、予測した結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴としている。

(5) 本発明の露光装置は、装置の運転中に前記鏡筒の内部で清浄なガスを流すことを特徴としている。

(6) 本発明の露光装置は、前記清浄なガスが窒素、ヘリウムなどの不活性ガスであることを特徴としている。

(7) 本発明の露光装置は、前記清浄なガスが空気であることを特徴としている。

(8) 本発明の露光装置は、前記光学特性は、焦点位置(像面位置)及び／または投影倍率及び／または歪曲、

球面、コマ、非点、像面湾曲など収差の一つまたは複数であることを特徴としている。

(9) 本発明の露光方法は、投影光学系を格納する鏡筒の内部の非密閉空間に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴としている。

(10) 本発明の露光方法は、投影光学系を格納する鏡筒の外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に応じて前記鏡筒の内部の気圧を推定し、推定した結果に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴としている。

(11) 本発明の露光方法は、投影光学系を格納する鏡筒の内部および／または外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて気圧の変化の仕方を求め、求めた結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴としている。

(12) 本発明の露光方法は、投影光学系を格納する鏡筒の内部および／または外部に気圧計を設け、該気圧計の出力に基づいて所定時間を経過した後の気圧を予測し、予測した結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償することを特徴としている。

(13) 本発明の露光方法は、装置の運転中に前記鏡筒の内部で清浄なガスを流すことを特徴としている。

(14) 本発明の露光方法は、前記清浄なガスが窒素、ヘリウムなどの不活性ガスであることを特徴としている。

(15) 本発明の露光方法は、前記清浄なガスが空気であることを特徴としている。

(16) 本発明の露光方法は、前記光学特性は、焦点位置(像面位置)及び／または投影倍率及び／または歪曲、球面、コマ、非点、像面湾曲など収差の一つまたは複数であることを特徴としている。

(17) 本発明のデバイス製造方法は、上記した本発明のいずれかに記載の露光装置、または上記した本発明のいずれかに記載の露光方法を用いて、デバイスパターンで感光体を露光する段階と、該感光体を現像する段階とを含むことを特徴としている。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明は、上記構成によって、投影光学系内の気圧変化による光学特性への影響を補償することができ、特に、このような投影光学系内の気圧変化により、最も大きく影響を受けるフォーカスと倍率への影響を補償することが可能となる。

【0008】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。

〔実施例1〕図1に本発明の実施例1の構成を示す。投影光学系の構造体内に気圧計を設ける。この気圧計の出力値は常時モニタされ、気圧フォーカス制御装置に送られる。気圧フォーカス制御装置は、ノイズ除去のために

適当な幅の移動平均のたぐいのフィルタをかけた後、投影系フォーカスの値をフォーカス制御装置に送る。フォーカス制御装置は、ウエハ面フォーカスの計測値、露光によるフォーカス変動値と気圧によるフォーカス変動値を足しあわせて、実際のウエハステージの光軸方向の制御を行う。この制御を露光動作中にも行えるようにするため、気圧計の応答を十分高速にする必要がある。その目的のためには、Wave Length Tracker (以下WLTと略) のようなレーザ干渉計を利用した気圧計が一つの例として考えられる。WLTは温度にも気圧にも大変敏感であり、例えばHeNeレーザを用いた場合、空気温度1℃に対して約1ppm、気圧1hpaに対して0.27ppmの変化を示す。一方、投影光学系の構造体内は、通常0.01℃以下の温度安定性が確保されている。したがって出力値は気圧の変動を大変精度良く表わすこととなる。

【0009】[実施例2] 実施例1の発明では、投影光学系内部の気圧を直接計測しているため、計測精度は高いが、反面その計測値を基に補正駆動をしようとする、駆動系の追従性を高くしなければならない。一般に応答速度の速い駆動系は高価で、設計難易度も高い。実施例2はこうした状況を鑑みて発明されたものである。

$$P(t) = \sum \{ A(t) \cdot H(t - \tau) \} \dots \dots (2)$$

ここで $H(t)$ は、インパルス応答関数を表わし、実験式(1)より近似的に求めることができる。このような推定手段をとらずとも、あらかじめ内部圧力と外部圧力の関係を実験から求めておき、その関係データを例えば表に格納しておいても、同様の効果を得ることができる。

【0012】図4は、本実施例に関わる装置を示す。図4において、内部圧力推定器は、投影光学系外部に設置された気圧計のデータに対して、ノイズ除去のために適当な幅の移動平均のたぐいのフィルタをかけた後、上述の演算を施して各時刻における投影系の内部圧力を推定する。フォーカス制御装置は推定された内部圧力からフォーカス変化量を計算する。ウエハステージ制御装置が計算されたフォーカス変化量にしたがってウエハステージを投影光学系の光軸方向に駆動する。このようにして気圧の変化にもかかわらず、いつも最適な焦点位置を得ることができる。本実施例は、外部の気圧を計測して、そこから投影光学系の内部圧力を推定することが特徴である。実際の投影光学系の内部圧力は、外部の気圧から遅れて変化するために、本実施例では実際の内部圧力変化が起こる前に知ることができる。したがって圧力変化を補正する駆動時間を確保することができる。

【0013】[実施例3] 実施例3は、外部あるいは内部の気圧計の値の時間微分値があらかじめ定めた一定の値を超えたときには、その後の露光動作を一時中断するようにしたものである。外部気圧計だけで補正手段を持たない場合等には、実施例2で用いた予測手段により、

本実施例では、気圧計が投影光学系の構造体の外部に設置される。投影系が半密閉構造となっている場合には、チャンバー内の気圧変動が、少し遅延して、またある程度なまされた形で投影光学系内に伝播する。この場合一次遅れの制御式を利用してこの様子を近似することができる。近似パラメータは実際の実験から定めることができる。図2は外圧をステップ状に変化させた時の、鏡筒内部の圧力を実験から求めたグラフである。圧力伝達に関して、この鏡筒が時間遅れ系となっていることが分かる。図2のグラフを式で表わすと式(1)となる。

【0010】

$$R_I(t) = -41 \log t + 26 \dots \dots (1)$$

式(1)において $R_I(t)$ は、時刻1.0において外圧が0.6 Pascal 減少した場合の、時刻における鏡筒内部の圧力を表わす。一方、実際の気圧の変化は、図3に示すようにステップ応答よりもなだらかに変動する。したがって式(1)で求まるインパルス応答から各時刻における外気圧の値を畳み込んで積分することにより、鏡筒内部の圧力を求めることができる。すなわち外気圧を $A(t)$ とすると、一般に鏡筒内圧は式(2)となる。

【0011】

投影光学系内部の圧力を推定し、その圧力がフォーカス等の収差上問題となる値(閾値)以上の場合には、露光動作を中断し、内部圧力が閾値以下となった時刻から露光動作を再開する方法が有効である。さらに予測手段も持たない場合には、簡易的に次のような方法がある。すなわち外部あるいは内部の気圧計の値の時間微分値があらかじめ定めた一定の値を超えたときには、その後の露光動作を一時中断し、上記時間微分値が先の値以下となった時から一定の遅延を置いて再開する。この一定の遅延時間は、外気圧変化に対する投影光学系の気圧変化の遅れ時間から算出する。

【0014】[実施例4] 図5に本発明の実施例4の構成を示す。投影光学系内の一部レンズを光軸方向に駆動することによって、投影光学系の焦点位置や投影倍率を調整することができる。図5は、その機構を備えた装置の例である。内部圧力推定器は、大気圧センサーで計測された大気圧変化から各時刻における投影光学系の内部圧力を推定する。推定方法は実施例2の方法を用いる。推定した内部圧力値が、フォーカス制御器と倍率制御器に送られ、フォーカス補正用のレンズと倍率補正用のレンズを駆動する。推定圧力値は時刻の関数として実際の事象以前に求められるため、露光時刻におけるフォーカスと倍率を適正に補正することが可能となる。

【0015】[実施例5] 図6に本発明の実施例5の構成を示す。投影光学系内に圧力制御によるフォーカス機構をもっている場合、これを利用して良い。圧力制御の対象となっている以外の投影光学系は気圧変動の影響

を受けるため、この影響を圧力制御によるフォーカス機構によって補正する。図6はこのような構成を示すものである。同図において、投影光学系内のレンズL2とL3の間が密閉構造となっていて、この空間の圧力を調整することによって投影レンズの焦点位置を補正する。外部圧力センサからのデータは、内部圧力推定器によって実施例2と同様な処理を受けた後、フォーカス駆動機構制御器に送られる。フォーカス駆動機構制御器は、推定焦点位置に対応する密閉空間の圧力値を求め、その値を圧力制御器に送り、投影光学系の焦点位置を補正する。

【0016】〔実施例6〕図7に本発明の実施例6の構成を示す。露光波長の変換機構を使うと、さらに効果的な補正が可能となる。気圧変動によって、投影光学系内の光路内の気体の屈折率変動が変化する。この影響は、露光波長を変化させることにより完全に補正することができる。この場合、フォーカス変動だけでなく、気圧変化によって発生する倍率や色収差等のその他の収差も補正することができる。図7はこのような構成を示すものである。補正のタイミングは、ステッパの場合でもスキャナの場合でも、ショット露光の間もしくはショット露光中の二つの場合が考えられる。エキシマ等のレーザを用いた露光装置の場合には、波長の変化させる量が小さいときは、ショット露光中およびショット露光の間に行い、波長を大きく変化させるときは、ショット間の非露光期間を使う。これは波長の変化に伴って一部ダミーパルスが必要となる場合があるからである。いずれにしても投影光学系内の気圧変化を直接に計測するか、もしくは予測し、その変化に追従して露光波長を変化させる。

【0017】〔実施例7〕スキャン露光機の場合、スキャン露光中の気圧変動に対応するために、別手段にて計測した被露光物体と投影系との焦点距離に、気圧変動による投影露光系の焦点位置変化分を加えることで露光焦点位置を補正する。この際ステージ駆動のサイクル時間とはほぼ同じ時間間隔にて補正する必要があるため、WLTのような高速の応答時間を持つ計測系ベースにして補正予測計算を行い、その予測値をステージ制御系が直接

に読み出し、ステージ制御目標位置を書き換える。実施例2で述べた内部圧力推定方法を用いれば、推定圧力値は時刻の関数として実際の事象以前に求められるため、各露光時刻における焦点位置を適正に補正することが可能となる。

【0018】〔実施例8〕図8に実施例8の構成を示す。本実施例では、微差圧計と気圧計を用いて、投影光学系の内部圧力を計測する。微差圧計は計測分解能が高いので、より精度の高い計測が可能となる。またこの実施例の構成を用いれば、計算から推定した光学系内部の圧力変化を実際に計測することが可能であり、計測した値から、推定に使っていた推定式のパラメータを学習によって求める。その結果、より高精度の推定が可能となる。

【0019】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、投影光学系内の気圧変化による光学特性への影響を補償することができ、特に、このような投影光学系内の気圧変化により、最も大きく影響を受けるフォーカスと倍率への影響を補償することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】内圧変化に対するフォーカス補正機能を有する露光装置を示す図。

【図2】鏡筒内部の空気圧のステップ応答を示す図。

【図3】クリーンルーム内の気圧変化の例を示す図。

【図4】推定による気圧フォーカス補正機構を有する露光装置を示す図。

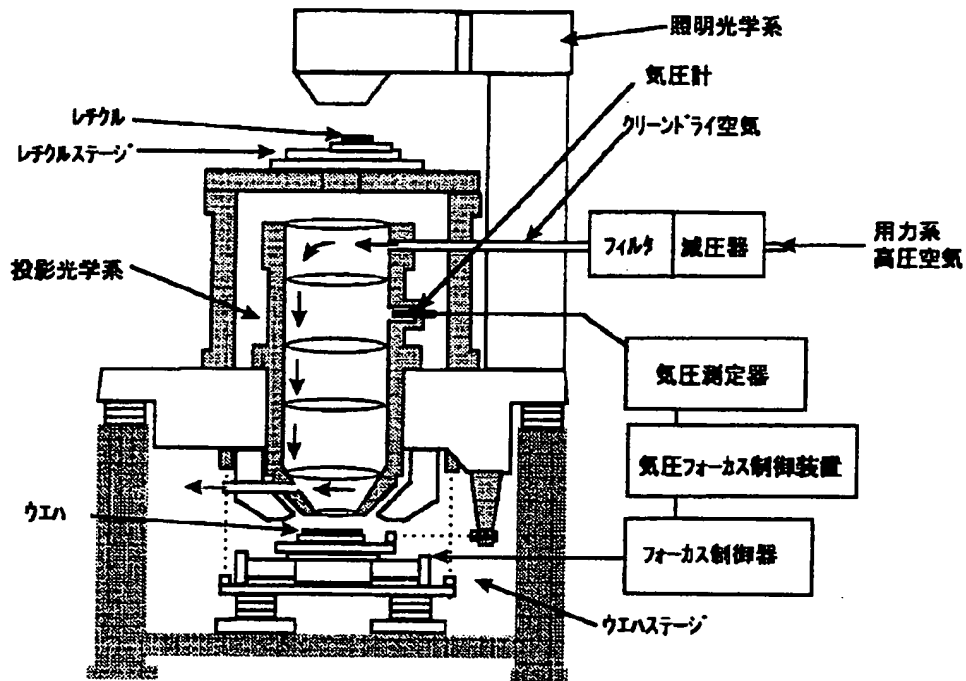
【図5】フォーカスと倍率補正機構を備えた露光装置を示す図。

【図6】圧力制御によるフォーカス補正機構を備えた露光装置を示す図。

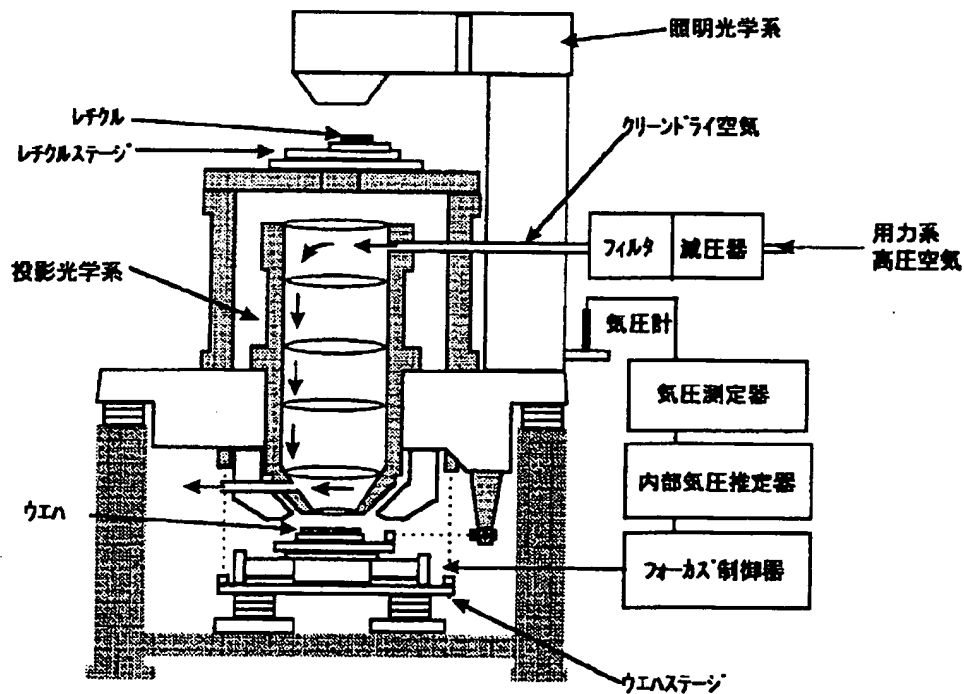
【図7】露光波長制御による気圧収差補正機能を備えた露光装置を示す図。

【図8】内圧変化に対するフォーカス補正機能を有する露光装置を示す図。

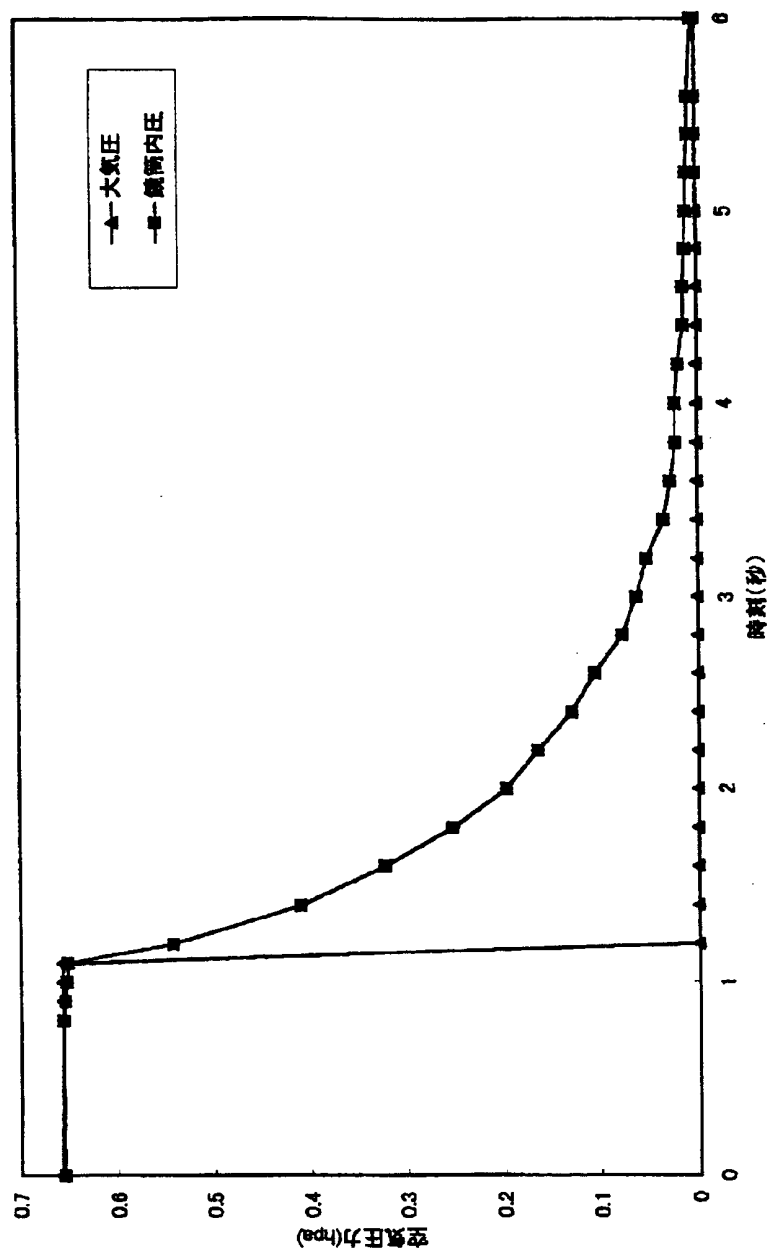
【図1】



【図4】

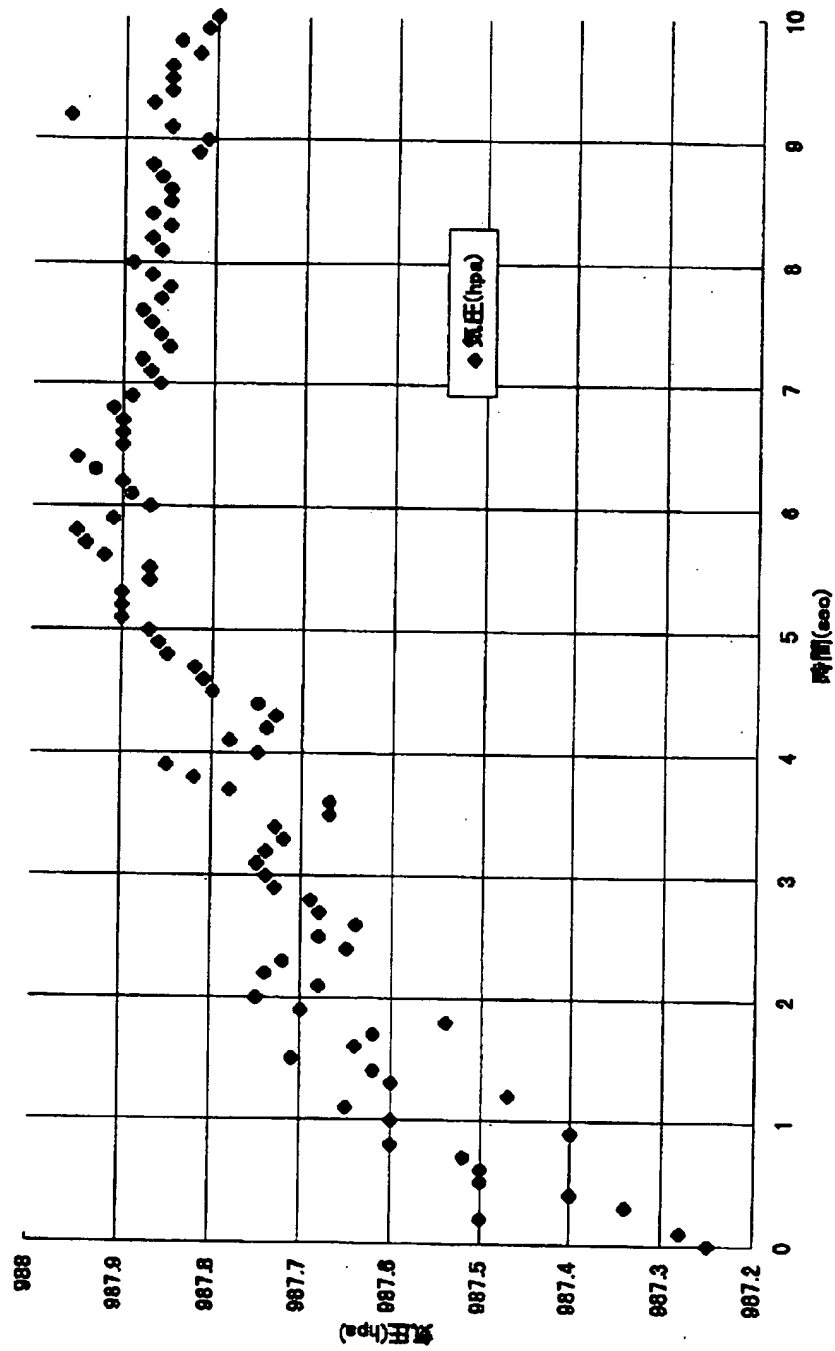


【図2】

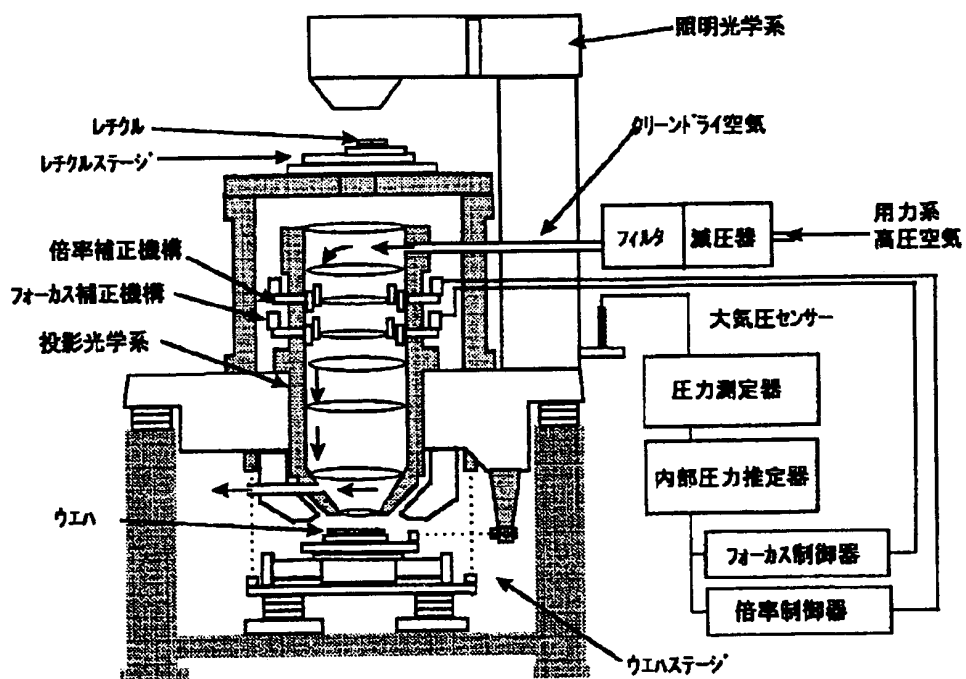




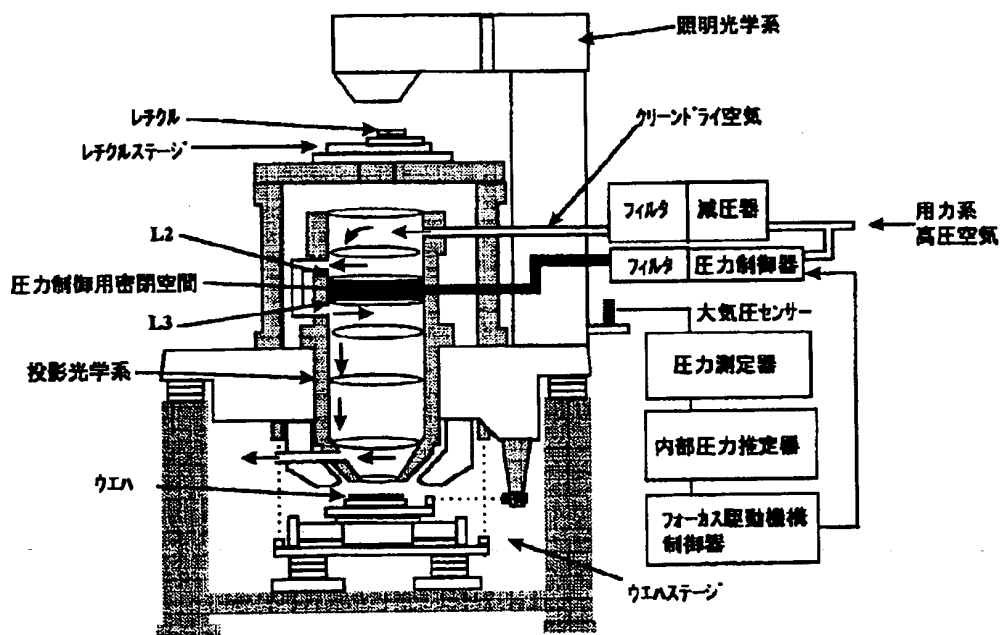
【図3】



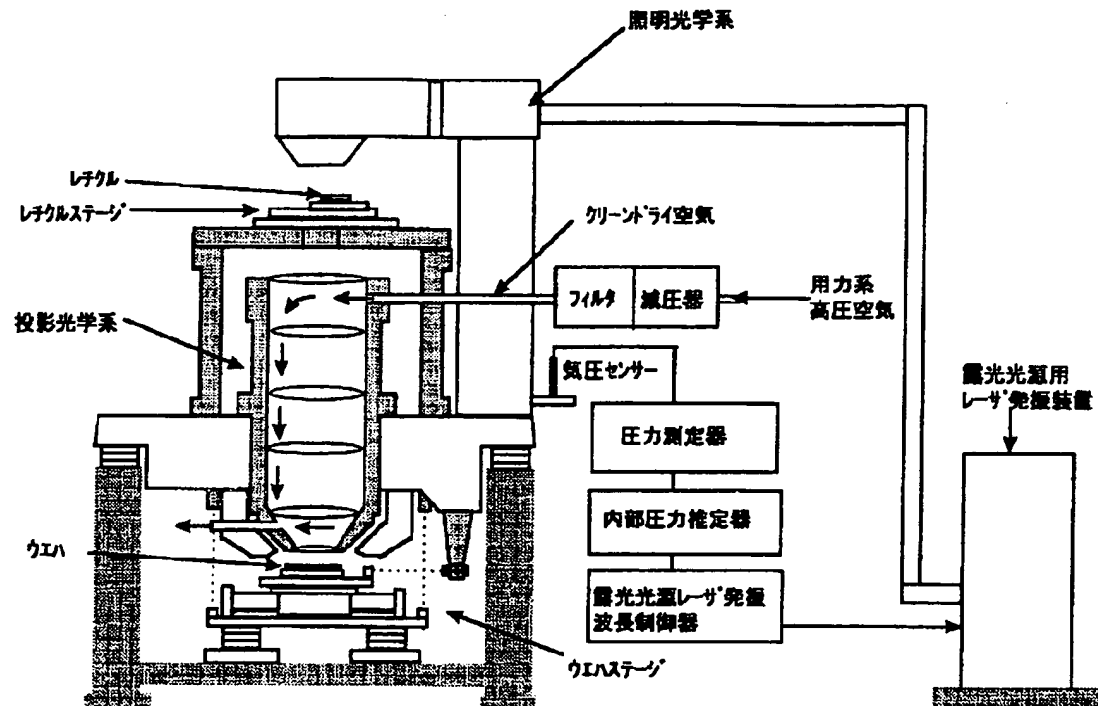
【図5】



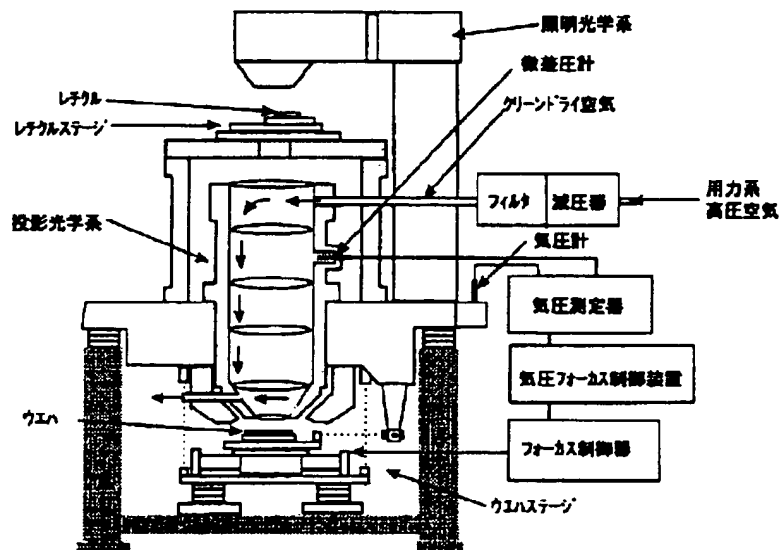
【図6】



【図7】



【図8】



## 【手続補正書】

【提出日】平成12年8月30日(2000.8.30)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】露光装置、およびデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】投影光学系の鏡筒の内部の非密閉空間に気圧計を有し、該気圧計の出力に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償する手段を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】投影光学系の鏡筒の外部に気圧計を有し、該気圧計の出力に応じて前記鏡筒の内部の気圧を推定し、推定した結果に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償する手段を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】投影光学系の鏡筒の内部および/または外部に気圧計を有し、該気圧計の出力に基づいて気圧の変化の仕方を推定し、推定した結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償する手段を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項4】投影光学系の鏡筒の内部および/または外部に気圧計を有し、該気圧計の出力に基づいて所定時間を経過した後の気圧を予測し、予測した結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償する手段を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項5】投影露光装置の運転中に前記鏡筒の内部で清浄なガスを流す手段を有することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項6】前記清浄なガスが窒素、ヘリウムなどの不活性ガスであることを特徴とする請求項5に記載の投影露光装置。

【請求項7】前記清浄なガスが空気であることを特徴とする請求項5に記載の投影露光装置。

【請求項8】前記光学特性は、焦点位置(像面位置)及び/または投影倍率及び/または歪曲、球面、コマ、非点、像面湾曲など収差の一つまたは複数であることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項9】前記気圧計は、レーザー干渉計を有することを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項10】請求項1～9のいずれか1項に記載の投影露光装置を用いてデバイスパターンで感光体を露光する段階と、該感光体を現像する段階とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投影露光装置、およびデバイス製造方法に関し、特に投影光学系の気圧変化による光学特性への影響を補償するようにした露光装置、およびデバイス製造方法の実現を目指すものである。

【0002】

【従来の技術】従来の露光装置においては、これら装置内の気圧の急な変動に関しては、考慮されてこなかった。これは、自然環境下の気圧変動は、比較的ゆっくりとした変化であり、たとえ低気圧が通過する場合でも、時間あたり数ヘクトパスカル(hPa)程度であるからである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、近年、クリーン度の要求が高くなり、クリーンルーム内の陽圧の度合いが高まったため、ドアの開閉などにより急激な気圧変動が生じる場合がある。例えば、1020hPaに加圧された内容積200m<sup>3</sup>のクリーンルームと1000hPaの圧力の内容積5m<sup>3</sup>のクリーンルーム前室を考えた場合、クリーンルームとその前室との間のドアが開いたとすると、このクリーンルームは、1秒程度の時間に0.5hPaの変化を生じることとなる。この0.5hPaという量は今日の露光装置にとっては決して無視できない量である。

【0004】一般に露光装置の投影光学系は、常圧気体を一定速で流すといった半密閉系中におかれることが多い。この場合、投影光学系は外気に対して開放されているため、その内部の気圧は、外気圧に対して時間遅れを伴って変化する。この時間遅れの様子は、流路の形状、すなわち入り口と出口の開口面積と内部抵抗によって定まる。また、投影光学系の一部が密閉系中に置かれ、この密閉系の気体圧力が制御されていることもある。この場合にも、気体圧力制御が絶対圧力を目標としている際には影響を受けないが、外圧との差分で制御されている際には、制御時定数の遅れをもって影響を受ける。密閉系外の部分の内部圧力は、当然外部気圧変化に伴って変動する。こうした投影光学系内の気体圧力変動は、光路内の気体の屈折率を変化させ、その結果光学性能に影響を与える。中でも、フォーカスと倍率がこの影響を最も大きく受け、その改善が望まれていた。

【0005】そこで、本発明は上記課題を解決し、投影光学系内の気圧変化による光学特性への影響を補償するようにした露光装置、およびデバイス製造方法を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成するために、露光装置、およびデバイス製造方法を、

つぎの(1)～(10)のように構成したことを特徴とするものである。

(1) 投影光学系の鏡筒の内部の非密閉空間に気圧計を有し、該気圧計の出力に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償する手段を有することを特徴としている。

(2) 投影光学系の鏡筒の外部に気圧計を有し、該気圧計の出力に応じて前記鏡筒の内部の気圧を推定し、推定した結果に基づいて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償する手段を有することを特徴としている。

(3) 投影光学系の鏡筒の内部および／または外部に気圧計を有し、該気圧計の出力に基づいて気圧の変化の仕方を推定し、推定した結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償する手段を有することを特徴としている。

(4) 投影光学系の鏡筒の内部および／または外部に気圧計を有し、該気圧計の出力に基づいて所定時間を経過した後の気圧を予測し、予測した結果に応じて、気圧の変化による前記投影光学系の光学特性の変化を補償する手段を有することを特徴としている。

(5) 投影露光装置の運転中に前記鏡筒の内部で清浄なガスを流す手段を有することを特徴としている。

(6) 本発明の投影露光装置は、前記清浄なガスが窒素、ヘリウムなどの不活性ガスであることを特徴としている。

(7) 本発明の投影露光装置は、前記清浄なガスが空気であることを特徴としている。

(8) 本発明の投影露光装置は、前記光学特性は、焦点位置(像面位置)及び／または投影倍率及び／または歪曲、球面、コマ、非点、像面湾曲など収差の一つまたは複数であることを特徴としている。

(9) 上記(1)～(8)のいずれかに記載の投影露光装置において、前記気圧計は、レーザー干渉計を有することを特徴としている。

(10) 本発明のデバイス製造方法は、上記した本発明のいずれかに記載の投影露光装置を用いてデバイスパターンで感光体を露光する段階と、該感光体を現像する段階とを含むことを特徴としている。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明は、上記構成によって、投影光学系内の気圧変化による光学特性への影響を補償することができ、たとえば、この投影光学系内の気圧変化によるフォーカス位置の変化と倍率変化を補正することが可能となる。

【0008】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。

【実施例1】図1に本発明の実施例1の構成を示す。投影光学系の構造体(鏡筒)内に気圧計を設ける。この気

圧計の出力値は常時モニタされ、気圧フォーカス制御装置に送られる。気圧フォーカス制御装置は、ノイズ除去のために適当な幅の移動平均のたぐいのフィルタをかけた後、投影光学系のフォーカスの値(ピント位置)をフォーカス制御装置に送る。フォーカス制御装置は、ウェハ面フォーカス(高さ)の計測値、露光によるフォーカス変動値(ピント位置変化量)と気圧によるフォーカス変動値(ピント位置変化量)を足しあわせて、実際のウェハステージの光軸方向の制御を行う。この制御を露光動作中にも行えるようにするため、気圧計の応答を十分高速にする必要がある。その目的のためには、Wave Length Trucker(以下WLTと略)のようなレーザー干渉計を利用した気圧計が一つの例として考えられる。WLTは温度にも気圧にも大変敏感であり、例えばHeNeレーザを用いた場合、空気温度1℃に対して約1ppm、気圧1hpaに対して0.27ppmの変化を示す。一方、投影光学系の構造体内は、通常0.01℃以下の温度安定性が確保されている。したがって出力値は気圧の変動を大変精度良く表わすこととなる。

【0009】【実施例2】実施例1の発明では、投影光学系の鏡筒の内部の気圧を直接計測しているため、計測精度は高いが、反面その計測値を基に補正駆動をしようとすると、駆動系の追従性を高くしなければならない。一般に応答速度の速い駆動系は高価で、設計難易度も高い。実施例2はこうした状況を鑑みて発明されたものである。本実施例では、図4に示すように、気圧計が投影光学系の鏡筒の外部に設置される。投影光学系が半密閉構造となっている場合には、チャンバー内の気圧変動が、少し遅延して、またある程度なまされた形で投影光学系内に伝播する。この場合一次遅れの制御式を利用してこの様子を近似することができる。近似パラメータは実際の実験から定めることができる。図2は外圧をステップ状に変化させた時の、鏡筒内部の圧力を実験から求めたグラフである。圧力伝達に関して、この鏡筒が時間遅れ系となっていることが分かる。図2のグラフを式で表わすと式(1)となる。

【0010】

$$R_I(t) = -41 \log t + 26 \cdots \cdots (1)$$

式(1)において $R_I(t)$ は、時刻1.0において外圧が0.6 Pascal 減少した場合の、時刻における鏡筒内部の圧力を表わす。一方、実際の気圧の変化は、図3の例に示されているようにクリーンルーム内の気圧変化は、ステップ応答よりもなだらかに変動する。したがって式(1)で求まるインパルス応答から各時刻における外気圧の値を畳み込んで積分することにより、鏡筒内部の圧力を求めることができる。すなわち外気圧を $A(t)$ とすると、一般に鏡筒内圧は式(2)となる。

【0011】

$$P(t) = \sum \{A(t) \cdot H(t-\tau)\} \cdots \cdots (2)$$

ここで $H(t)$ は、インパルス応答関数を表わし、実験式(1)より近似的に求めることができる。このような実験式を用いる推定手段をとらずとも、あらかじめ内部圧力と外部圧力の関係を実験から求めておき、その関係データを例えば表に格納しておく推定手段を用いても、同様の効果を得ることができる。

【0012】図4において、内部圧力推定器は、投影光学系の鏡筒の外部に設置された気圧計のデータに対して、ノイズ除去のために適当な幅の移動平均のたぐいのフィルタをかけた後、上述の演算を施して各時刻における投影系の内部圧力を推定する。フォーカス制御装置は推定された内部圧力からフォーカス変化量を計算する。ウエハステージ制御装置が計算されたフォーカス変化量にしたがってウエハステージを投影光学系の光軸方向に駆動する。このようにして、気圧の変化にもかかわらず、ウエハ上のショット領域をいつも最適な焦点位置に位置決めすることができる。本実施例は、鏡筒の外部の気圧を計測して、そこから投影光学系の内部圧力を推定することが特徴である。実際の投影光学系の内部圧力は、外部の気圧から遅れて変化するために、本実施例では実際の内部圧力変化が起こる前に知ることができる。したがって圧力変化を補正する駆動時間を確保することができる。

【0013】【実施例3】実施例3は、外部あるいは内部の気圧計の値の時間微分値があらかじめ定めた一定の値を超えたときには、その後の露光動作を一時中断するようにしたものである。鏡筒の外部に気圧計を持つが投影光学系のフォーカスの補正手段を持たない場合等には、実施例2で用いた予測手段により、投影光学系内部の圧力を推定し、その圧力がフォーカス、収差等に関して問題となる値(閾値)以上の場合には、露光動作を中断し、内部圧力が閾値以下となった時刻から露光動作を再開する方法が有効である。さらに予測手段も持たない場合には、簡易的に次のような方法がある。すなわち鏡筒の外部あるいは内部の気圧計の値の時間微分値があらかじめ定めた一定の値を超えたときには、その後の露光動作を一時中断し、上記時間微分値が先の値以下となった時から一定の遅延を置いて再開する。この一定の遅延時間は、外気圧変化に対する投影光学系内の気圧変化の遅れ時間から算出する。

【0014】【実施例4】図5に本発明の実施例4の構成を示す。投影光学系内の一部のレンズを光軸方向に駆動することによって、投影光学系の焦点位置(フォーカス)や投影倍率を調整することができる。図5は、その機構を備えた装置の一例を示す。内部圧力推定器は、大気圧センサーで計測された大気圧変化から各時刻における投影光学系の内部圧力を推定する。推定方法は実施例2の方法を用いる。推定した内部圧力値が、フォーカス制御器と倍率制御器に送られ、フォーカス補正用のレンズと倍率補正用のレンズを駆動する。推定圧力値は時刻

の関数として実際の事象以前に求められるため、露光時刻における焦点位置と投影倍率を適正に補正することが可能となる。

【0015】【実施例5】図6に本発明の実施例5の構成を示す。実施例5は投影光学系内にレンズとレンズの間の所定空間の圧力制御によるフォーカス補正機構をもっている場合である。圧力制御の対象となっている以外の投影光学系は気圧変動の影響を受けるため、この影響を圧力制御によるフォーカス補正機構によって補正する。同図において、投影光学系内のレンズL2とL3の間が密閉構造となっていて、この空間の圧力を調整することによって投影レンズの焦点位置を補正する。鏡筒の外部の圧力センサからのデータは、内部圧力推定器によって実施例2と同様な処理を受けた後、フォーカス駆動機構制御器に送られる。フォーカス駆動機構制御器は、推定焦点位置に対応する密閉空間の圧力値を求め、その値を圧力制御器に送り、投影光学系の焦点位置を補正する。

【0016】【実施例6】図7に本発明の実施例6の構成を示す。露光波長の可変機構を使うと、さらに効果的な投影光学系の光学特性の補正が可能となる。気圧変動によって、投影光学系内の光路内の気体の屈折率変動が変化する。この影響は、露光波長を変化させることにより完全に補正することができる。この場合、フォーカス変動だけでなく、気圧変化によって発生する倍率や色収差等のその他の収差も補正することができる。波長可変機構による補正のタイミングは、ステップ(ステップ&リビート型投影露光装置)の場合でもスキャナ(ステップ&スキャン型投影露光装置)の場合でも、ショット露光の間もしくはショット露光中の二つの場合が考えられる。エキシマレーザなどを用いた露光装置の場合には、波長の変化させる量が小さいときは、ショット露光中およびショット露光の間に行い、波長を大きく変化させるときは、ショット間の非露光期間を使う。これは波長の変化に伴って一部ダミーパルスが必要となる場合があるからである。いずれにしても投影光学系内の気圧変化を直接に計測するか、もしくは予測し、その変化に追従して露光波長を変化させる。

【0017】【実施例7】上述のスキャナーの如き走査型露光装置の場合、スキャン露光中の気圧変動に対応するために、別手段にて計測した投影光学系の焦点位置に気圧変動による投影光学系の焦点位置変化分を加えることで焦点位置を補正する。この際ステージ駆動のサイクル時間とはほぼ同じ時間間隔にて補正する必要があるの

で、WLTのような高速の応答時間を持つ計測系ベースにして補正予測計算を行い、その予測値をステージ制御系が直接に読み出し、ステージ制御目標位置を書き換える。実施例2で述べた内部圧力推定方法を用いれば、推定圧力値は時刻の関数として実際の事象以前に求められるため、各露光時刻における焦点位置を適正に補正する

ことが可能となる。

【0018】【実施例8】図8に実施例8の構成を示す。本実施例では、鏡筒内の微差圧計と鏡筒外の気圧計とを用いて、投影光学系の内部圧力を計測する。微差圧計は計測分解能が高いので、より精度の高い計測が可能となる。他の構成は図1の実施例1と同じである。またこの実施例の構成を用いれば、計算から推定した光学系内部の圧力変化を実際に計測することが可能であり、計測した値から、推定に使っていた推定式のパラメータを学習によって求める。その結果、より高精度の推定が可能となる。なお、以上に説明した各露光装置は工場内の、出入り可能なクリーンルーム内に設置される。

【0019】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、投影光学系内の気圧変化による光学特性への影響を補償することができ、特に、このような投影光学系内の気圧変化により、最も大きく影響を受けるフォーカスと倍率への影響を補償することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】鏡筒内の圧力変化に対するフォーカス補正機能

を有する露光装置を示す図。

【図2】鏡筒内部の空気圧のステップ応答を示す図。

【図3】クリーンルーム内の気圧変化の例を示す図。

【図4】推定による気圧フォーカス補正機構を有する露光装置を示す図。

【図5】フォーカスと倍率補正機構を備えた露光装置を示す図。

【図6】圧力制御によるフォーカス補正機構を備えた露光装置を示す図。

【図7】露光波長制御による気圧収差補正機能を備えた露光装置を示す図。

【図8】鏡筒内の圧力変化に対するフォーカス補正機能を有する露光装置の他の例を示す図。

【手続補正2】

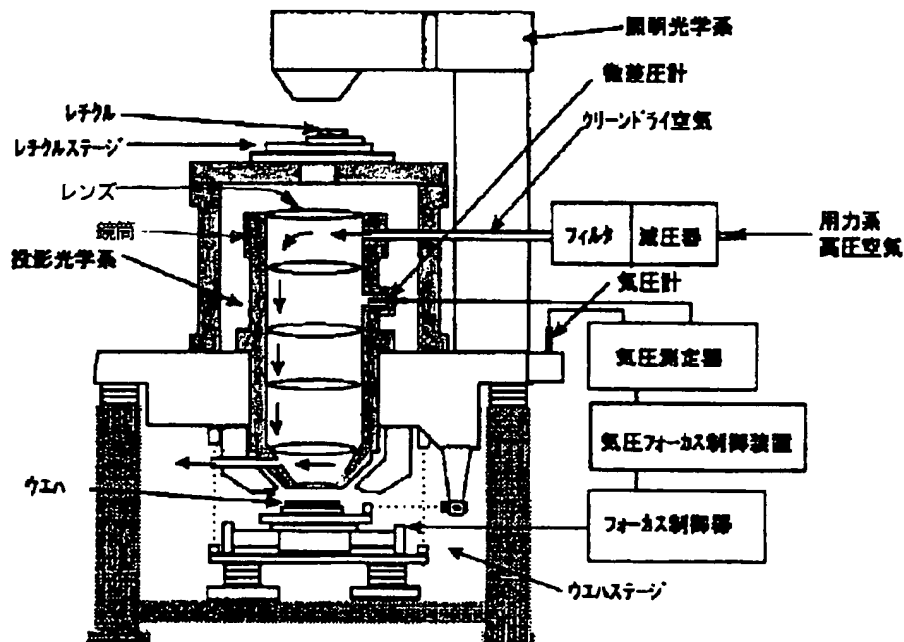
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正内容】

【図8】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**